

Análise dos níveis de risco presentes na prática de braquiterapia de alta taxa de dose de tumor ginecológico**Analysis of risk levels present in the practice of high dose rate gynecological brachytherapy**

DOI:10.34119/bjhrv2n5-001

Recebimento dos originais: 17/08/2019

Aceitação para publicação: 05/09/2019

Reginaldo Mortágua Gonçalves

Mestre em Proteção Radiológica (MPPR/IFSC)

Instituição de atuação atual: Centro de Pesquisas Oncológicas (CEPON)

Endereço completo: Rod. Admar Gonzaga, 655 - Itacorubi, Florianópolis - SC, 88034-000

Email: regimg76@gmail.com

Patrícia Fernanda Dorow

Doutora em Engenharia e Gestão do Conhecimento (EGC/UFSC)

Instituição de atuação atual: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço completo: Avenida Mauro Ramos 950, Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

Email: patriciad@ifsc.edu.br

Daniel Souza Felipe

Mestre em Física Aplicada à Medicina e Biologia (USP)

Instituição de atuação atual: Centro de Pesquisas Oncológicas (CEPON)

Endereço completo: Rod. Admar Gonzaga, 655 - Itacorubi, Florianópolis - SC, 88034-000

Email: fisicamedica@cepon.org.br

Caroline de Oliveira Alves

Graduanda do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia (IFSC)

Instituição de atuação atual: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço completo: Avenida Mauro Ramos 950, Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

Email: carol_alves1997@hotmail.com

Caroline de Medeiros

Doutoranda em Enfermagem (PEN/UFSC)

Instituição de atuação atual: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço completo: Avenida Mauro Ramos 950, Centro, Florianópolis - SC, 88020-300

Email: carol@ifsc.edu.br

RESUMO

A braquiterapia é um procedimento complexo que ocorre em um ambiente de trabalho com muitas variáveis. Essas variáveis criam uma probabilidade alta de incertezas e risco de acidentes podendo levar a doses de radiação diferentes daquelas planejadas. Por esse motivo, trabalhos que se preocupam com formas de minimizar tais riscos ganham visibilidade e interesse. Assim, este artigo tem por objetivo analisar os níveis de risco

presentes na prática de braquiterapia de alta taxa de dose de tumor ginecológico em um centro de tratamento oncológico. Para tanto, utilizou-se uma pesquisa qualitativa exploratória descritiva em um serviço de tratamento oncológico do sul do Brasil. Os dados foram coletados em 4 meses por meio da técnica de observação participativa. Participaram da pesquisa 4 profissionais que compõem a equipe multidisciplinar envolvida no tratamento. Foi utilizado um formulário com base nas metodologias de análise dos modos de falha, seus efeitos e criticidade (FMECA) baseado no conceito da matriz de risco e no banco de dados (SEVRRRA) para levantar informações sobre os processos referentes da braquiterapia. As causas potenciais de falha variaram desde falha técnica, falta de atenção, distração, imperícia, omissão até stress do profissional. Os níveis de risco foram classificados como baixo, moderado, alto e muito alto. Conclui-se que os riscos são multifatoriais. Entretanto, conhecer o processo e suas etapas auxilia na tomada de decisão dos profissionais, bem como na criação de ações preventivas que permitem prever os erros antes que eles ocorram, resultando na melhor segurança do paciente oncológico.

Palavras-chave: Radioterapia, Braquiterapia, Fatores de Risco, Comunicação Interdisciplinar.

ABSTRACT

Brachytherapy is a complex procedure that occurs in a work environment with many variables. These variables create a high probability of uncertainty and risk of accidents and may lead to radiation doses different from those planned. For this reason, works that are concerned with ways to minimize such risks gain visibility and interest. Thus, this paper aims to analyze the risk levels present in the practice of high-dose gynecological tumor brachytherapy in a cancer treatment center. For this, a descriptive exploratory qualitative research was used in a cancer treatment service in southern Brazil. Data were collected at 4 months using the participatory observation technique. Four professionals participated in the research that make up the multidisciplinary team involved in the treatment. A form based on failure method analysis, its effects and criticality (FMECA) based on the concept of the risk matrix and the database (SEVRRRA) was used to gather information about the referral processes of brachytherapy. Potential causes of failure ranged from technical failure, inattention, distraction, malpractice, omission to professional stress. Risk levels were classified as low, moderate, high and very high. It is concluded that the risks are multifactorial. However, knowing the process and its steps helps in the decision making of professionals, as well as the creation of preventive actions that allow the prediction of errors before they occur, resulting in better cancer patient safety.

Keywords: Radiotherapy, Brachytherapy, Risk Factors, Interdisciplinary Communication.

1. INTRODUÇÃO

A radioterapia é uma dentre as várias formas de tratamento para o câncer, como a quimioterapia e o transplante de medula (TEIXEIRA, 2015). Tem por objetivo tratar a malignidade de determinado volume alvo sob uma dose de radiação prescrita, essa dose pode variar de acordo com o tipo de patologia e seu estadiamento.

A braquiterapia envolve o tratamento com a fonte próximo ao tumor (SHRIVASTAVA et al., 2009). O principal malefício da braquiterapia, foco deste trabalho, é sua superior toxicidade tardia devido a grandes doses por fração. Segundo Nori et al., (2002) a braquiterapia é muito indicada para tumores de do colo do útero. O gradiente de dose na braquiterapia quando comparado a teleterapia é alto, e além disso, a definição do volume específico de tratamento é difícil e complexa. Sendo assim, muitos pesquisadores já expressaram preocupação em relação a minimização dos riscos inerentes ao tratamento (NYAMAH et al., 2017; TALLURI et al., 2013; VINOD et al., 2011).

Perks et al. (2012) e Veronese et al. (2015) investigaram a importância e as implicações da avaliação de risco para a radioterapia. Segundo os autores, um método de avaliação de risco deve levar em conta os processos de uma atividade, os eventos de início de acidentes, suas consequências, as medidas ou barreiras de segurança e a classificação de risco.

A avaliação de risco ajuda a identificar as barreiras que poderiam evitar, prevenir, proteger ou mitigar as consequências de um acidente, o que é fundamental para a boa prática dos tratamentos de braquiterapia.

Em 2008 a Organização Mundial da Saúde sinalizou em seu manual que a maior causa dos riscos presentes na braquiterapia são decorrentes de erros humanos. Como existe uma multiplicidade de profissionais da saúde que estão envolvidos no decorrer do tratamento como: médico rádio-oncologista, físico médico, enfermeira e os profissionais das técnicas radiológicas a atenção durante a execução é fundamental na garantia da reprodutibilidade (OMS, 2008).

Sendo assim, o objetivo deste artigo é mapear o processo de braquiterapia e classificar seus os riscos envolvidos. O foco deste trabalho está especificamente, na análise desde o registro inicial dos dados das pacientes até a entrega da dose para o fim da execução do tratamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Vilaragut et al. (2013) foram desenvolvidas diversas metodologias para avaliação de risco para identificar os riscos associados à prática da radioterapia.

Em 2011 foi desenvolvida então a SEVRRRA que consiste em um método da matriz de risco aplicada a radioterapia. Segundo o as diretrizes gerais sobre gerenciamento de risco em radioterapia externa o SEVRRRA é um pacote de software de análise de risco de radiação robusto e fácil de usar (EUROPEAN UNION, 2015).

A análise de risco fornece como saída os eventos iniciais de maior risco e as barreiras ausentes relacionadas sobre as quais a gestão de risco foi baseada. Isso pode ser feito implementando as barreiras ausentes ou aumentando sua eficiência e confiabilidade.

O SEVRRA fornece 148 eventos de iniciação para tratamentos com aceleradores lineares, 129 barreiras diretas, 44 redutores de frequência e 36 redutores de consequências funcionando como barreiras indiretas (um total de 209 barreiras) (TECDOC-1685). O sistema computacional permite que aos usuários personalizarem o modelo de risco, incluindo novos eventos iniciais e barreiras que não foram consideradas anteriormente.

O local escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa foi um serviço de radioterapia localizado no sul do Brasil, especificamente o setor de braquiterapia. O serviço de radioterapia que colaborou com esta pesquisa, realizou no ano de 2017, 749 inserções de braquiterapia, atendendo 246 pacientes, envolvendo 34 trabalhadores ocupacionalmente expostos.

A pesquisa teve três fases. Na primeira fase, os dados foram coletados por meio de observação participativa de junho a outubro de 2018. A imersão do pesquisador no processo de braquiterapia junto a equipe multidisciplinar foi fundamental para compreender suas nuances. Os dados foram registrados em um diário de campo (Apêndice A).

Na segunda fase, o pesquisador interagiu diretamente com o físico médico para definição das etapas e dos riscos envolvidos no processo. Foram várias reuniões para alinhamento de todas as questões.

Finalmente, na terceira fase o pesquisador aplicou com quatro profissionais especialistas, um formulário (Apêndice B) para análise da percepção dos riscos envolvidos no processo. Optou-se por aplicar esse formulário com esses profissionais, pois acredita-se que o trabalho da equipe multidisciplinar é primordial, porque visa uma inter-relação entre os diferentes profissionais envolvidos, priorizando o paciente como um todo, numa atitude humanizada e uma abordagem mais ampla e resolutiva do cuidado.

Os profissionais que formam a equipe multidisciplinar da braquiterapia HDR do serviço pesquisado são: físicos médicos, radioncologistas, anestesistas, profissionais das técnicas radiológicas, residentes e enfermeiros.

Os dados extraídos dos relatórios da braquiterapia foram analisados para identificar algum padrão de fragilidade no processo desenvolvido. Foram analisadas sete etapas das dez recomendadas pelo SEVVRA. Essas compreendem desde o registro inicial dos dados

das pacientes até a entrega da dose para o fim da execução do tratamento. Desse grupo de etapas selecionadas foram identificadas de A a G, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Lista de eventos observados que podem levar a uma sequência acidental com um nível de alto risco.

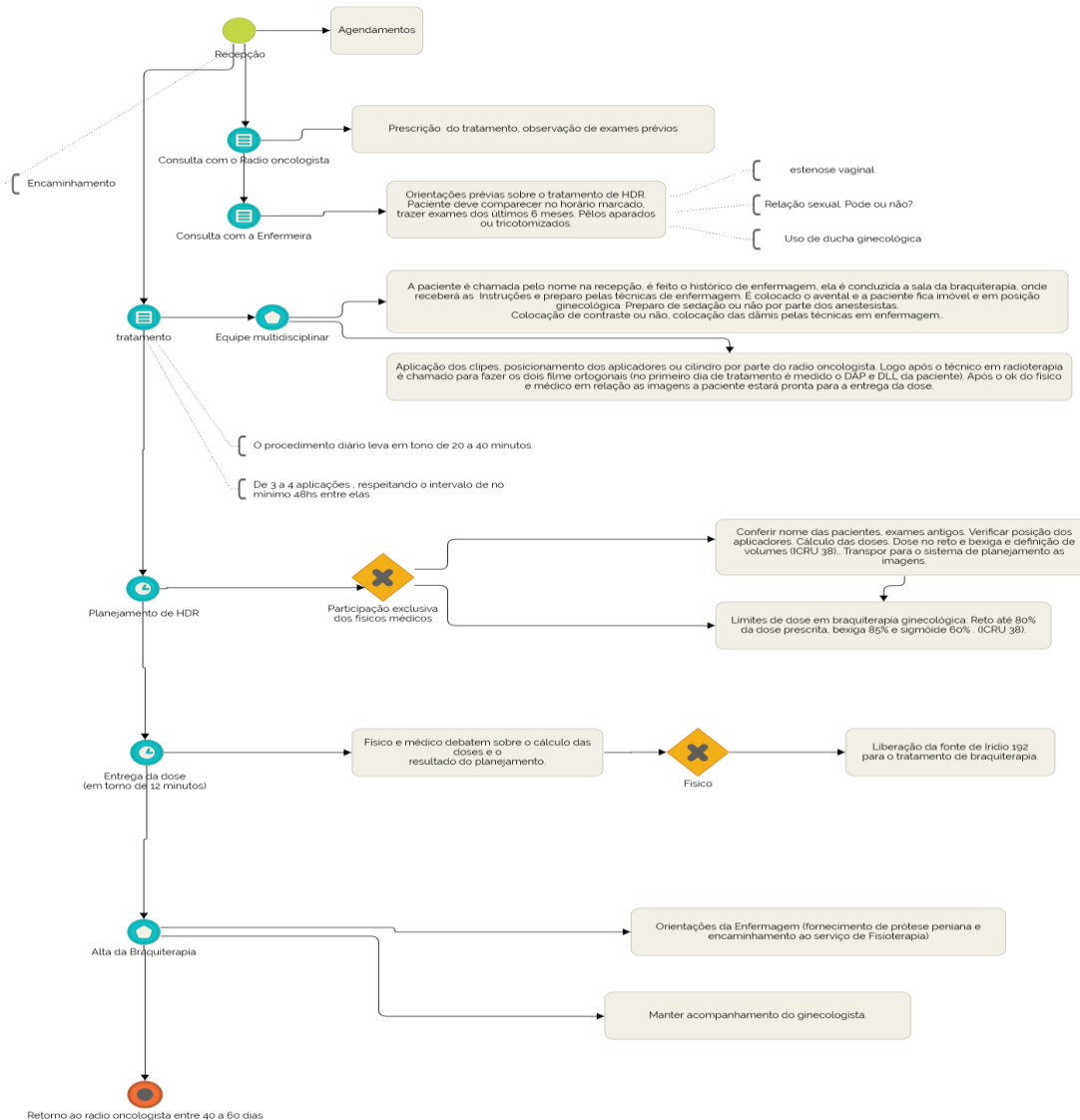
A	Registro do paciente
B	Prescrição do tratamento clínico
C	Localização e reconstrução geométrica
D	Planejamento e otimização dosimétrica
E	Transferência de dados do planejamento
F	Execução do tratamento
G	Registro de dados do planejamento

O evento que demonstrou maior risco de acidente foi o evento F(Execução do tratamento), isso pode ser explicado devido ao contato com a fonte, que poderá por exemplo, travar no momento do recolhimento e causar sobreexposição ao paciente, acarretando superdose em regiões adjacentes ao alvo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de etapas envolvidas no tratamento de braquiterapia de alta taxa de dose é apresentado na Figura 1, desde a chegada do paciente no setor de radioterapia até o retorno do paciente ao radioncologista. O fluxograma foi desenvolvido utilizando a ferramenta Heflo®.

Figura 1: Fluxo do processo de braquiterapia



REFUS

O processo tem início com o "agendamento" da consulta da paciente na recepção onde são registrados os dados da paciente como nome, idade e foto. Segundo Costa e Leite (2009) a identificação correta do paciente é de suma importância para garantia da segurança do tratamento. Essa ação é fundamental para a correta execução das diversas etapas envolvidas no tratamento de braquiterapia. Mesmo naquelas em que o paciente não pode responder por si mesmo, o acompanhante deve assegurar a identificação correta, devem ser utilizados pelo menos dois diferentes parâmetros, tais como nome completo, número de identificação do prontuário ou data de nascimento.

Depois dessa etapa a paciente realiza a consulta prévia para indicação ao tratamento de braquiterapia HDR. A paciente passa em "consulta com o radioncologista", onde recebe as orientações prévias sobre o tratamento de HDR. No dia do tratamento ela deverá comparecer no horário marcado e trazer exames dos últimos 6 meses.

Após as orientações médicas a paciente é encaminhada ao serviço de enfermagem. Exemplos de orientações recebidas são: pêlos pubianos aparados ou tricotomizados; manter acompanhamento do ginecologista.

No local pesquisado, na "consulta com a enfermeira", a paciente recebe a orientação (fornecimento de prótese peniana, para evitar a estenose vaginal e encaminhamento ao serviço de Fisioterapia) e são feitos os agendamentos das sessões do tratamento. Segundo Souza et al. (2016) a enfermagem fornece orientações sobre todo tratamento a paciente e tem por objetivo reduzir os efeitos causados durante o tratamento.

Na etapa de "tratamento" de braquiterapia HDR a paciente é chamada pelo nome na recepção, é feito o histórico de enfermagem, e encaminhada para avaliação com o anestesista. Logo após, ela é conduzida a sala da braquiterapia, onde receberá as instruções e preparo pelas técnicas de enfermagem. Vale ressaltar que a orientação da mulher submetida à braquiterapia em relação ao tratamento a ser realizado deve ser feita para diminuir a ansiedade e a sensação de insegurança que são inerentes ao processo (FRIGATO; HOGA, 2003).

A realização do preparo de sedação cabe aos anestesistas, seguido da colocação de contraste diluído em água ou não e colocação das dummies (fontes falsas utilizadas em braquiterapia para se visualizar a extremidade do aplicador e as possíveis posições de paradas de fonte na imagem de planejamento) pelas técnicas em enfermagem (SALES, 2015).

A aplicação dos cliques, posicionamento dos aplicadores ou cilindro é função do radioncologista. Segundo Awunor (2018) determinar a posição das fontes antes do tratamento é uma parte essencial da garantia de qualidade associada aos tratamentos de braquiterapia de alta taxa de dose.

Após essa etapa, o profissional das técnicas radiológicas é chamado para a realização dos check filmes, de acordo com as medidas das espessuras ântero-posterior e latero-lateral da pelve da paciente e os fatores de exposição correspondentes. As imagens são processadas para posterior planejamento do tratamento de HDR, onde o médico radio-oncologista e físico médico irão verificar conjuntamente a posição dos aplicadores nas imagens realizadas pelo profissional das técnicas radiológicas.

Segundo Jursinic (2014) uma das principais responsabilidades de um físico médico é implementar um programa de gerenciamento de qualidade. Para um programa de braquiterapia HDR, deve-se assegurar que a dose administrada seja precisa e confiável. Alguns dos fatores que interferem na confiabilidade da dose são: atividade da fonte

radioativa quando o tratamento é realizado; comprimento dos tubos de conexão da fonte e cateteres de localizações precisos e confiáveis; posição de residência da fonte em relação à anatomia do paciente; tempo de residência preciso e confiável em cada posição de permanência; e da linearidade do temporizador (HENDEE et al., 2013).

A realização desses check filmes também são de extrema importância para qualidade do serviço. No local pesquisado são realizados check filmes ortogonais em 0° e 90° e após a conferência dessas imagens pelo físico médico e pelo radioncologista, o profissional das técnicas radiológicas é dispensado e fica a cargo do físico o planejamento transferir as imagens para o sistema de planejamento (TPS), bem como o calcular as doses indicando valores limites de dose em braquiterapia ginecológica. Para reto até 80% da dose prescrita, bexiga 85% e sigmóide 60% (ICRU 38).

O físico médico e o radioncologista revisam o planejamento, o valor das doses, os limites das doses nos órgãos limitantes de dose e após o consenso inicia-se a liberação da fonte de Irídio 192 para o tratamento de braquiterapia.

A aplicação da dose diária de tratamento é realizada com a liberação da fonte do contêiner blindado ao implante intracavitário da paciente. O tempo do tratamento, ou seja, o tempo que a região de tratamento da paciente ficará exposta à radiação, depende da atividade da fonte. Quanto maior a sua atividade, menor será o tempo de tratamento.

Ao iniciar o tratamento, a paciente é observada por meio do monitor de uma câmera de vídeo localizada na sala de comando dos profissionais envolvidos. O número de sessões de braquiterapia varia de acordo com a indicação médica, entre 3 e 4 sessões, e deve respeitar o limite mínimo de 48 horas entre uma aplicação e outra.

O processo finaliza com as orientações de alta médica e do serviço de enfermagem, que compreendem o retorno ao radioncologista entre 40 e 60 dias. É preciso manter o acompanhamento com o ginecologista três vezes ao ano por tempo indeterminado, manter o acompanhamento com o oncologista e agendamento com o fisioterapeuta.

Em relação ao processo do SEVRRRA para a prática de braquiterapia HDR este possui 10 etapas: 1) instalação inicial do equipamento; 2) aceitação e comissionamento; 3) manutenção do equipamento; 4) registro do paciente; 5) intenção terapêutica; 6) inserção cirúrgica do implante; 7) localização e reconstrução geométrica; 8) planejamento e otimização dosimétrica; 9) registro e transferência de dados e ;10) execução do tratamento.

Entretanto, as etapas 1, 2 e 3 não são foco deste trabalho, pois essas etapas abrangem a instalação inicial; aceitação e comissionamento; e manutenção do equipamento,

respectivamente. É importante salientar que o foco deste trabalho está especificamente na análise desde o registro inicial dos dados das pacientes, logo que estas forem chamadas para o atendimento até a entrega da dose para o fim da execução do tratamento. Sendo assim, definiram-se as etapas do formulário de 1 até 7 e seus respectivos processos conforme a Figura 2.

Figura 2: - Processo do SEVRRR adaptado para a prática de braquiterapia do serviço estudado, níveis de risco em cada processo e ações recomendadas.

Etapas	Processos	Risco	Ações recomendadas
1. Registro do paciente	1. Registro de dados do paciente 2. Chamada do paciente para tratamento	Risco baixo Risco baixo	
2. Prescrição do tratamento clínico	1. Registro dos dados clínicos dos pacientes 2. Prescrição da dose	Risco moderado Risco alto	
3. Localização e reconstrução geométrica	1. Aquisição e visualização da imagem 2. Registro das dummies e dos pontos de interesse na imagem 3. Transferência dos objetos para o TPS 4. Reconstrução dos aplicadores e paradas da fonte 5. Reconstrução dos pontos de interesse no software	Risco moderado Risco alto Risco alto Risco alto Risco alto	1. Treinamento adequado aos profissionais das técnicas radiológicas 2. Criação de protocolo em relação a realização e qualidade de check filmes
4. Planejamento e otimização dosimétrica	1. Inserção dos pontos de interesse 2. Ajuste dos tempos em cada parada da fonte 3. Normalização das doses 4. Análise das doses nos pontos de interesse 5. Análise do volume das doses 6. Aprovação do plano	Risco alto Risco muito alto Risco alto Risco alto Risco alto Risco moderado	
5. Transferência de dados do planejamento	1. Transferência eletrônica do tempo e posição da fonte	Risco muito alto	
6. Execução do tratamento	1. Conexão do catéter 2. Importação dos dados de planejamento e início do tratamento	Risco moderado Risco baixo	Criação de protocolo referente a falha da fonte
7. Registro de dados do planejamento	1. Registro de detalhes do tratamento no prontuário 2. Registro dos resultados do planejamento para a ficha de tratamento	Risco moderado Risco moderado	

O formulário foi construído com a base de dados do Sistema de Avaliação de Riscos em Radioterapia (SEVRRA) desenvolvido no âmbito do FORO Ibero- americano de Organismos Reguladores Radiológicos e Nucleares (<http://foroiberam.org>), entidade da qual o Brasil é membro e está representado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), direcionando as etapas, sub-etapas e processos para o serviço analisado. O objetivo do SEVRRA é fomentar a autoavaliação do risco pelas instalações de radioterapia e subsidiar as ações para prevenção de exposições acidentais nesta atividade.

Baseado na metodologia de matriz de risco, o SEVRRA contempla as modalidades de radioterapia com aceleradores lineares, telecobaltoterapia, braquiterapia de baixa taxa de dose (LDR) e de alta taxa de dose HDR.

O formulário elaborado para os especialistas foi do tipo FMECA utilizado para a análise da percepção de risco na braquiterapia HDR do serviço pesquisado. Foram avaliados os níveis de risco em cada etapa, sub etapas e seus processos de acordo com a consequência, frequência e probabilidade com os controles atuais e riscos de um acidente acontecer. De acordo com esses resultados foram elaboradas as ações recomendadas.

Existem diferentes níveis de risco em todos os processos estudados, um ponto que merece atenção é o trabalho executado pelos profissionais das técnicas radiológicas que pode ser um técnico em radioterapia ou um tecnólogo em radiologia, pois a qualidade das imagens adquiridas por estes profissionais irá orientar o físico médico a determinar o melhor planejamento.

4. CONCLUSÕES

Na braquiterapia, existem muitas incertezas na dose prescrita para o processo de tratamento como a incerteza no cálculo da dose absoluta, o efeito da falta de homogeneidade, a precisão mecânica do movimento da fonte e os deslocamentos intra e inter-fracionários dos aplicadores ou cateteres que causam substancial desvio de dose da dose planejada. Além dessas incertezas, existem as falhas humanas como falta de atenção, imperícia, distração, falha técnica de um dos membros da equipe multidisciplinar, dentre outros fatores.

Todos esses fatores podem desencadear efeitos potenciais de falha desde a perda de tempo, perda de material, trabalho redobrado até o tratamento inadequado de um paciente, resultando em possíveis sequelas até o óbito.

Este estudo teve por objetivo analisar os níveis de risco presentes na prática de braquiterapia de alta taxa de dose de tumor ginecológico em um centro de tratamento

oncológico. Primeiramente foi apresentado todo processo de braquiterapia. Na sequência, identificaram-se os processos de baixo risco, risco moderado, risco elevado e risco muito alto, priorizando ações recomendadas a cada nível deles.

A importância do estudo prospectivo da prescrição do tratamento correto, do registro dos dados do paciente, do planejamento, da aquisição, da reconstrução da imagem para a localização do tecido tumoral, do planejamento e otimização dosimétrica e da execução do tratamento com as consequências para a paciente, para os trabalhadores faz com que a segurança deva ser redobrada, quanto a uma possível exposição acidental por desvio substancial na prescrição do tratamento.

Os efeitos mais nocivos, são aqueles de alto nível de risco e estão diretamente relacionados à exposição da paciente à fonte de alta taxa de dose, como o tempo de tratamento em cada aplicador conectado a um respectivo catéter pode gerar valores de doses irregulares em regiões diferentes do paciente. Além disso, caso a trava de emergência não esteja funcionando adequadamente, por exemplo, a fonte pode acidentalmente sair da máquina, expondo inadequadamente o paciente e resultando na perda da possibilidade do monitoramento dos efeitos radiobiológicos inesperados ou ainda, no aumento do valor das doses em regiões diferentes daquelas que estavam no planejamento atingindo tecidos mais radiosensíveis e extrapolando os limites estabelecidos para o tratamento.

Conclui-se que o mapeamento do processo de braquiterapia e a análise da percepção dos diferentes níveis de risco envolvidos ajuda a otimizar a proteção radiológica dos serviços de radioterapia visando diminuição do percentual de risco.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao local pesquisado e aos seus colaboradores por oportunizar a realização desta pesquisa e ao Mestrado Profissional em Proteção Radiológica do Instituto Federal de Santa Catarina por ter contribuído tecnicamente para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

MARINELLI, L.; QUIMBY, E.; HINE, G. Dosage determination with radioactive isotopes II, practical considerations in therapy and protection. **Am J Roent Radium Ther**, v. 59, p. 260-280, 1948.

AWUNOR, O. A. Assessment of a source position checking tool for the quality assurance of transfer tubes used in HDR 192Ir brachytherapy treatments. **Brachytherapy**, v. 17, n. 3, p. 628-633, 2018.

COSTA, Priscila; LEITE, Rita de Cássia. Estratégias de enfrentamento utilizadas pelos pacientes oncológicos submetidos a cirurgias mutiladoras. **Revista brasileira de cancerologia**, v. 55, n. 4, p. 355-364, 2009.

FRIGATO, Scheila; HOGA, Luiza Akiko Komura. Assistência à mulher com câncer de colo uterino: o papel da enfermagem. **Rev Bras Cancerol**, v. 49, n. 4, p. 209-14, 2003.

HENDEE, William R.; IBBOTT, Geoffrey S.; HENDEE, Eric G. **Radiation therapy physics**. John Wiley & Sons, 2013.

JURSINIC, Paul A. Quality assurance measurements for high-dose-rate brachytherapy without film. **Journal of applied clinical medical physics**, v. 15, n. 1, p. 246-261, 2014.

KLETZ, Trevor A. Hazop—past and future. *Reliability Engineering & System Safety*, v. 55, n. 3, p. 263-266, 1997.

NOLAN, Dennis P. Application of HAZOP and What-If safety reviews to the petroleum, petrochemical and chemical industries. Noyes Publication, 1994.

NORI, Dattatreyyudu; DASARI, Neeraja; ALLBRIGHT, Robert M. Gynecologic brachytherapy I: proper incorporation of brachytherapy into the current multimodality management of carcinoma of the cervix. In: **Seminars in radiation oncology**. Elsevier, 2002. p. 40-52.

NYAMAH, Edmond Yeboah et al. Agri-food supply chain performance: an empirical impact of risk. **Management Decision**, v. 55, n. 5, p. 872-891, 2017.

PERKS, Julian R. et al. Failure mode and effect analysis for delivery of lung stereotactic body radiation therapy. **International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics**, v. 83, n. 4, p. 1324-1329, 2012.

SALES, Camila Pessoa de. **Implementação de planejamento tridimensional em braquiterapia de alta taxa de dose para tratamentos ginecológicos**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SHRIVASTAVA, Rajeev et al. Rectal dosimetry in intracavitary brachytherapy by HDR at rural center of Maharashtra: Comparison of two methods. **Journal of Medical Physics/Association of Medical Physicists of India**, v. 34, n. 2, p. 93, 2009.

SOUZA, Nauã Rodrigues de et al. Enfermeiro e importância da qualificação profissional nos serviços de radioterapia. **Rev. enferm. UFPI**, v. 5, n. 3, p. 18-23, 2016.

TALLURI, Anil Kumar et al. Study of positional dependence of dose to bladder, pelvic wall and rectal points in High-Dose-Rate Brachytherapy in cervical cancer patients. **Journal of Medical Physics/Association of Medical Physicists of India**, v. 38, n. 4, p. 178, 2013.

TEIXEIRA, Flavia C.; ALMEIDA, Carlos E.; SAIFUL HUQ, M. Failure mode and effects analysis based risk profile assessment for stereotactic radiosurgery programs at three cancer centers in Brazil. **Medical physics**, v. 43, n. 1, p. 171- 178, 2016.

VERONESE, Ivan et al. Multi-institutional application of failure mode and effects analysis (FMEA) to CyberKnife stereotactic body radiation therapy (SBRT). **Radiation Oncology**, v. 10, n. 1, p. 132, 2015.

VILARAGUT, J. J. et al. Prevention of accidental exposure in radiotherapy: the risk matrix approach. *Health physics*, v. 104, n. 2, p. 139-150, 2013.

VINOD, Shalini K. et al. A comparison of ICRU point doses and volumetric doses of organs at risk (OARs) in brachytherapy for cervical cancer. **Journal of medical imaging and radiation oncology**, v. 55, n. 3, p. 304-310, 2011.

